บทที่ 8

ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

8.1 ข้อสรุป

สามารถสรุปเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ดังนี้

8.1.1 หลักการ

การคำนวณความสามารถส่งผ่านกำลังไฟฟ้าพร้อมมูล หรือ ATC เป็นวิธีที่มีพื้นฐานมาจากการทำโหลดโฟลว์ ซึ่งมีวิธีการคำนวณที่นำเสนอเป็นบทความทางวิชาการจำนวนมาก ทั้งนี้การคำนวณค่า ATC ค่าหนึ่งจะต้องใช้สภาวะของระบบในขณะที่พิจารณาเป็นค่าตั้งต้น จากนั้นจึงคำนวณโดยการแก้ปัญหาออปติไมเซชันด้วยการทำโหลดโฟลว์หลายรอบ ดังนั้นการคำนวณ ATC แต่ละค่าจะใช้เวลาแตกต่างกันไปตามขนาดและสภาวะของระบบ ตรงจุดนี้จึงมีผู้นำเสนอวิธีการคำนวณ ATC ที่รวดเร็วขึ้น เพื่อใช้แสดงค่า ATC ในแบบเวลาจริง (real time) โดยได้นำเสนอการคำนวณ ATC โดยใช้ระบบอนุมานนิวโรฟัซซีแบบปรับตัวได้

ระบบอนุมานนิวโรฟัซซีแบบปรับตัวได้ หรือ ANFIS เป็นระบบที่สามารถปรับพารามิเตอร์ภายในได้โดยผ่านการฝึกสอนด้วยข้อมูลตัวอย่าง หลักการของ ANFIS มีพื้นฐานมาจากฟัซซีเซตและระบบอนุมานฟัซซีแบบ Sugeno ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างระบบอนุมานโดยไม่ต้องสร้างแบบจำลองของระบบจริง และในการใช้งานก็สามารถส่งค่าขาออกได้อย่างรวดเร็ว ถึงแม้ว่ามีการนำ ANFIS มาประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรมเป็นจำนวนมาก แต่ในการคำนวณ ATC ด้วย ANFIS ยังมีบทความทางวิชาการที่นำเสนอไม่มากนัก โดยผู้ที่นำเสนอวิธีคำนวณ ATC ด้วย ANFIS ก็มีแนวคิดในการกำหนดรูปแบบขาเข้าของ ANFIS โดยสร้างดัชนีที่บ่งบอกสภาวะของระบบเป็นขาเข้าของ ANFIS จากนั้นจึงทำการฝึกสอน ANFIS ด้วยข้อมูลตัวอย่างที่ได้มาโดยคำนวณ ATC ด้วยวิธีดั้งเดิมบนพื้นฐานของโหลดโฟลว์

8.1.2 สิ่งที่นำเสนอ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอรูปแบบขาเข้าของ ANFIS เพื่อใช้คำนวณ ATC ซึ่งแตกต่างจากรูปแบบขาเข้าที่เคยมีการนำเสนอในบทความวิชาการอื่น ๆ โดยการกำหนดรูปแบบขาเข้านั้นใช้

แนวคิดว่าต้องกำหนดขาเข้าที่ไม่มากจนเกินไปและสะท้อนการเปลี่ยนแปลงสภาวะของระบบ เพื่อให้ ANFIS สามารถแยกแยะกรณีต่าง ๆ ผ่านกฎของฟัซซีที่อยู่ภายในและให้ค่า ATC ออกมาได้อย่างถูกต้อง จากแนวคิดนี้นำไปสู่การกำหนดตัวแปรขาเข้าในการคำนวณ ATC ซึ่งกำหนดให้กำลังไฟฟ้าที่ฉีดเข้าบัสต้นทางและบัสปลายทางเป็นตัวแปรขาเข้า เนื่องจากเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่า ATC มากที่สุด จากนั้นกำหนดขาเข้าที่แสดงถึงสภาวะของกำลังไฟฟ้าที่ฉีดเข้าบัสอื่น ๆ โดยใช้ดัชนีเป็นตัวบ่งบอกสภาวะของกำลังไฟฟ้าในระบบแทนการกำหนดกำลังไฟฟ้าที่บัสทุกบัสเป็นขาเข้าทั้งหมด ดัชนีบ่งบอกสภาวะประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าที่ฉีดเข้าบัสอื่น ๆ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังไฟฟ้าที่ฉีดเข้าบัสอื่น ๆ และกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ อย่างไรก็ตามยังคงกำหนดให้มีดัชนีสภาวะ ดังเช่นวิธีการที่เคยมีการนำเสนอในบทความวิชาการ เพื่อบ่งบอกถึงการใช้งานอุปกรณ์ในระบบและการเกิดความผิดพลาดในระบบ นอกจากนี้ยังได้นำเสนอถึงการกำหนดขาเข้าของ ANFIS ในกรณีที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ FACTS ซึ่งยังไม่เคยมีการนำเสนอมาก่อน

8.1.3 การทดสอบ

หลังจากนำเสนอรูปแบบขาเข้าในวิทยานิพนธ์แล้ว จึงทดสอบรูปแบบขาเข้าที่นำเสนอด้วยระบบทดสอบ 30 บัส โดยสร้างข้อมูล ATC ตัวอย่างด้วยวิธี RPF และแยกข้อมูลเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งใช้ฝึกสอน ANFIS อีกส่วนหนึ่งใช้ตรวจสอบ ANFIS ด้วยการป้อนขาเข้าตรวจสอบเข้าไปและเปรียบเทียบค่าระหว่างค่า ATC ที่ได้จาก ANFIS กับค่า ATC ที่ใช้ในการตรวจสอบ ผลที่ได้ในการทดสอบแสดงให้เห็นว่าตัวแปรขาเข้าที่กำหนดขึ้นแต่ละตัวสามารถปรับปรุงค่าความคลาดเคลื่อนของ ATC ขาออกได้ และค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จาก ANFIS ที่ใช้ขาเข้าที่นำเสนอก็มีค่าน้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อนของ ANFIS ที่ใช้ขาเข้าแบบเก่าซึ่งผลที่ได้ก็สอดคล้องกับการทดสอบโดยใช้ระบบไฟฟ้ากำลังของประเทศไทย

8.1.4 อุปสรรค

ในการทดสอบด้วยระบบไฟฟ้ากำลังของประเทศไทย ทำให้เห็นอุปสรรคในการใช้ ANFIS เพื่อคำนวณค่า ATC สรุปได้ดังนี้

1.) การใช้งานอุปกรณ์ในสภาวะต่าง ๆ มีความแตกต่างกัน ข้อมูลระบบไฟฟ้ากำลังของประเทศไทยที่ใช้ทดสอบมีสภาวะที่แตกต่างกันคือ สภาวะความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (peak load) และสภาวะความต้องการไฟฟ้าต่ำสุด (light load) ซึ่งมีจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้งานในระบบแตกต่างกัน ในสภาวะความต้องการไฟฟ้าต่ำสุดบัสบางบัสที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอาจจะไม่ได้ใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเลย ทำให้การเข้าสู่ขีดจำกัดด้านแรงดันของบัสต่าง ๆ แตกต่างจาก

สภาวะความต้องการไฟฟ้าสูงสุด ดังนั้นจึงต้องใช้ดัชนีสภาวะเป็นตัวแปรขาเข้าอีกตัวเพื่อแบ่งแยกสภาวะเหล่านี้

2.) ในระบบไฟฟ้ากำลังของประเทศไทยมีความแตกต่างของแรงดันที่บัสต่าง ๆ มากกว่าระบบทดสอบ การเปลี่ยนแปลงระดับโหลดจึงเกิดการละเมิดขีดจำกัดด้านแรงดันของระบบได้โดยง่ายหากไม่มีการปรับระดับแรงดันที่บัสควบคุมแรงดัน (PV bus) ดังนั้นในการเปลี่ยนระดับโหลดเพื่อสร้างข้อมูลตัวอย่างจึงต้องมีการปรับระดับแรงดันที่บัสควบคุมแรงดันตามไปด้วยซึ่งแบบแผนการปรับแรงดันในการทดสอบนี้จะแตกต่างจากแบบแผนในการปฏิบัติการจริง

3.) ระดับโหลดที่แตกต่างกันจะมีการปรับตัวประกอบกำลัง (power factor) ที่บัสโหลดด้วย Switched Shunt ซึ่งสามารถจ่ายกำลังรีแอกทีฟบริเวณบัสที่ติดตั้งได้ ในการปฏิบัติการจริงจะมีแบบแผนในการสับ Switched Shunt แต่การสร้างข้อมูลตัวอย่างในการทดสอบจะถือว่าค่าตัวประกอบกำลังที่แต่ละบัสมีค่าคงที่ เมื่อกำลังจริงมีการเปลี่ยนแปลง กำลังรีแอกทีฟก็จะเปลี่ยนแปลงโดยมีสัดส่วนเป็นไปตามตัวประกอบกำลัง

8.2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กำหนดขาเข้าของ ANFIS ในการคำนวณ ATC โดยพิจารณากำลังไฟฟ้าที่บัสต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม จากการสร้างข้อมูลตัวอย่างในการทดสอบพบถึงอุปสรรคที่เกิดขึ้น ซึ่งหากจะพัฒนาเพื่อนำไปใช้งานต่อไปในอนาคตจะต้องพิจารณาสิ่งต่าง ๆ เพิ่มเติมดังนี้

1.) ควรกำหนดรูปแบบการใช้งานดัชนีสภาวะ (category index) อย่างเป็นระบบ เพื่อให้ ANFIS สามารถแบ่งแยกสภาวะของระบบที่มีการใช้งานอุปกรณ์ภายในระบบไฟฟ้าแตกต่างกัน และสภาวะที่เกิดความผิดพลาดในระบบ

2.) การสร้างข้อมูล ATC ตัวอย่างเพื่อใช้ฝึกสอน ANFIS ควรมีข้อมูลโหลดและกำลังการผลิตที่บัสทุกบัส ที่เกิดขึ้นจริงในเวลาที่แตกต่างกัน ข้อมูลที่มากจะทำให้ ANFIS สามารถเรียนรู้และให้ค่า ATC ที่สอดคล้องกับระบบจริง

3.) การสร้างข้อมูล ATC ตัวอย่าง ควรมีข้อมูลการปรับแรงดันที่บัสควบคุมแรงดันในสภาวะโหลดต่าง ๆ เพื่อที่จะได้คำนวณค่า ATC ได้สอดคล้องกับค่าที่เกิดขึ้นในระบบจริง หรือหากมีแบบแผนในการปรับค่าแรงดันที่ชัดเจน อาจใช้แบบแผนนั้นในการสร้างข้อมูลตัวอย่าง

4.) การสร้างข้อมูล ATC ตัวอย่าง ควรใช้ข้อมูลการทำงานของ Switched Shunt ในสภาวะตัวอย่างแต่ละสภาวะ หรืออาจตั้งค่าการใช้งาน Switched Shunt ด้วยแบบแผนที่ใช้งานในระบบจริง